

## Некоторые аспекты моделирования при реализации инвестиционно-строительных проектов на основе цифровых технологий

*Ю.С. Саид, Л.Б. Зеленцов*

*Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону*

**Аннотация:** Инвестиционно-строительные проекты (ИСП) представляют собой сложный комплекс отдельных бизнес-процессов, на которые затрачиваются значительные средства, время и людские ресурсы. Основной задачей каждого заказчика ИСП является снижение этих затрат при сохранении качества проекта. В настоящее время с этой целью с успехом применяются цифровые технологии, которые на каждом этапе разработки ИСП снижают его себестоимость. Однако, следует учитывать ряд проблем, которые свойственны современным системам цифровизации процессов проектирования. К таким проблемам относятся: ограниченный выбор специализированных программных продуктов на российском рынке; отсутствие четкого механизма взаимодействия нескольких программных продуктов, предназначенных для решения технических, технологических и экономических задач ИСП; низкий уровень адаптации для построения BIM-модели; отсутствие эффективных инструментов для обработки больших объемов информации. Решение подобных проблем представляет собой сложную и многовекторную задачу.

**Ключевые слова:** ресурсы, база данных, ключевые показатели проекта, метод анализа иерархий, эксперт, информация, модель, здание, объект, разработка, программное обеспечение.

При разработке проектной документации в условиях деятельности крупных проектных институтов возникает проблема эффективного использования цифровых технологий для создания цифровой модели проектируемого объекта [1,2]. Проблема состоит в правильном подборе специализированного ПО, эффективном его использовании, организации взаимодействия нескольких программных продуктов между собой, даже в условиях отсутствия их совместимости друг с другом [3].

Основная цель проводимого исследования состоит в разработке структуры информационного пространства, в котором происходит формирование инвестиционного проекта.

Для реализации этой цели решаются следующие основные задачи:

1. Составление этапности разработки ИСП;

2. Создание графической модели ИСП с использованием цифровых технологий.

3. Выделение показателей эффективности объекта проектирования.

4. Разработка структуры базы данных проекта.

В настоящее время все компании используют для разработки инвестиционно-строительных проектов цифровые технологии и специализированное программное обеспечение (ПО), выполняющее различные функции и задачи [4, 5].

Эффективность использования этого ПО зависит от правильно выбранной структуры управления проектом и рационального распределения внутренних ресурсов [6].

Разработка ИСП предусматривает несколько основных этапов, каждый из которых предназначен для следующих целей:

- 1) Этап №1: разделение процесса проектирования на стадии;
- 2) Этап №2: выбор специализированного ПО для каждой стадии;
- 3) Этап №3: формирование информационного пространства проекта;
- 4) Этап №4: формирование БД проекта;
- 5) Этап №5: выделение ключевых показателей проекта;
- 6) Этап №6: оценка каждого из показателей;
- 7) Этап №7: составление электронного архива готового проекта;
- 8) Этап №8: сдача проекта Заказчику.

Графическая модель ИСП на основе цифровых технологий, предлагаемая к реализации, приведена на рисунке 1. Из данного рисунка видно, что при разработке проекта формируется внутреннее информационное пространство, в котором возникает, накапливается, обращается, хранится и преобразуется вся информация о проекте [7].

САПР подбираются, исходя из определенных показателей, которые обязательно должны быть учтены при проектировании.

---

К таким показателям предложено отнести:

- 1)  $P_1$  - возможность формирования BIM-модели;
- 2)  $P_2$  - стоимость ПО;
- 3)  $P_3$  - степень адаптивности к целям пользователя и стадиям проекта;
- 4)  $P_4$  - функциональность ПО;
- 5)  $P_5$  - совместимость с программным продуктом, который является

основой информационного пространства предприятия.

Подбор САПР, который предлагается выполнить с учетом показателей эффективности, необходимо проводить, рассматривая несколько программных продуктов различной функциональности, но отвечающей требованиям проекта [8].

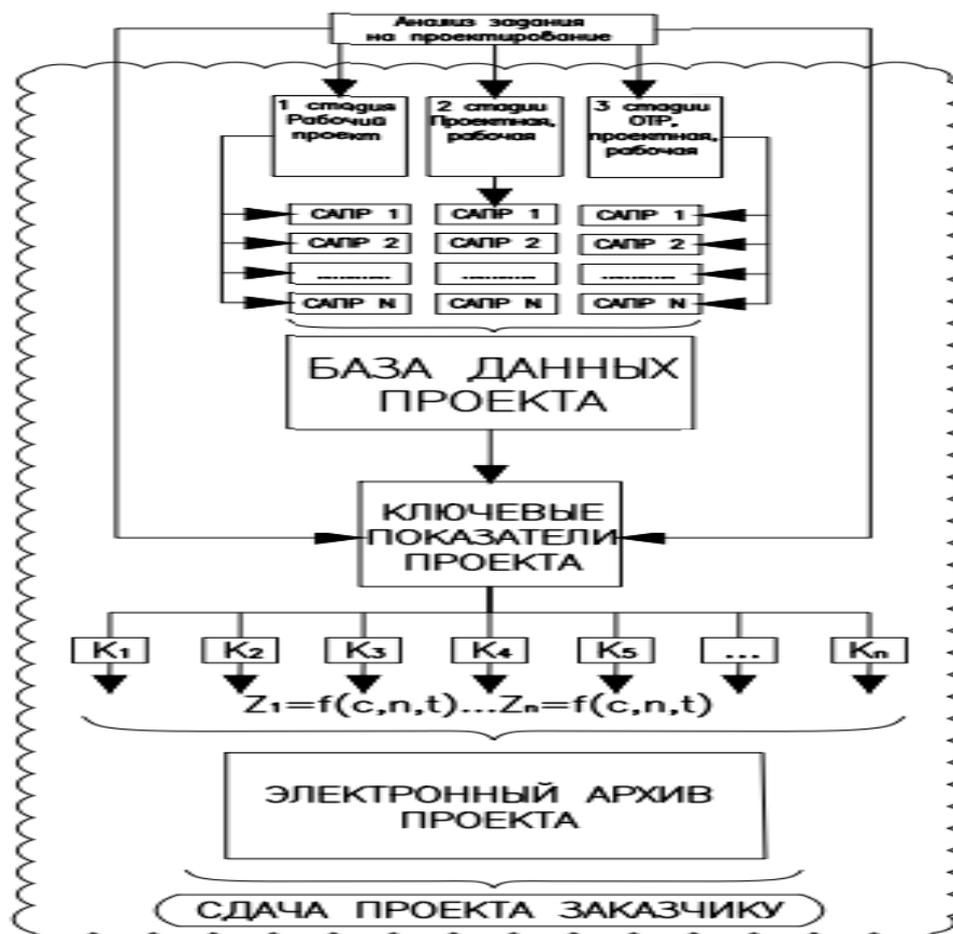


Рис. 1 – Графическая модель ИСП на основе цифровых технологий («облаком» обозначено информационное пространство проекта)

Выбор по указанным выше критериям осуществляет экспертный совет проекта, который может быть создан в проектной организации для каждого конкретного проекта, либо для всех проектов. В состав экспертного совета входят ключевые специалисты проектной организации, которые:

- способны во всех аспектах оценить задание на проектирование, и применяемые САПР;
- сформировать перечень ключевых показателей;
- организовать структуру и наполнение БД проекта;
- отследить качество разработанной документации и заполнение электронного архива проекта, из которого документация направляется Заказчику.

Эксперты производят выбор САПР по указанным выше показателям P1...P5 по методу анализа иерархий (МАИ). Данный метод дает возможность структурировать сложную проблему принятия решений по выбору САПР. Принятие решений осуществляется с учетом иерархической системы, на основании которой сравнивается и выполняется количественная оценка альтернативных вариантов решения проблемы.

Анализ проблемы и принятия правильного решения производится по методу МАИ с учетом построения иерархической структуры.

Основой информационного пространства приложения является База данных, встраиваемая СУБД SQLite.

Ввод данных производится инженером с клавиатуры ПК после получения задания на внесение в БД новых материалов, изделий, оборудования. Для ввода данных используется специально разработанное для этого приложение.

Схема структуры базы данных приведена на рисунке 2.

Наименование объекта	Дата ввода	Автор	Согласующие	Характеристики			
				Материал	Изготовитель	Норм. документ	Обозначение
Оборудование	12.05.2022	Иванов	Петров	Сталь	Завод...	ТУ...	Емкость V=5м <sup>3</sup>
Изделие	12.05.2022	Иванов	Петров	Бетон	ООО НТЦ...	ГОСТ...	Плита ПДН...
Материал	12.05.2022	Иванов	Петров	ППУ	АО НПО...	ОСТ...	Полуцилиндр толщиной 50 мм

Рис. 2 – Структура базы данных проекта

Из структуры БД видно, что о каждом объекте в ней представлена следующая информация:

- дата внесения объекта в БД;
- автор созданного объекта;
- согласующие специалисты;
- характеристики объекта.

По требованию пользователей и Заказчика проекта для каждого из объектов может быть прописано несколько дополнительных характеристик.

База данных проекта является динамическим объектом цифрового пространства проекта, который пополняется в течение всей жизни проекта. Включенные в БД объекты могут быть как внесены проектировщиком, так и автоматически перенесены из BIM-модели.

При различных модификациях BIM-модели происходит автоматическое изменение всех конструктивных элементов здания, на которые может повлиять это изменение. Автоматически пересчитывается спецификация оборудования, изделий и материалов, изменяется ведомость объемов работ и происходит перерасчет стоимости. При этом периодически происходит обращение к БД проекта и извлечение из нее необходимой информации.

На любом этапе проектирования, любой из проектировщиков может выбрать из БД необходимый объект, который затем автоматически будет

внесен в выбранные чертежи и текстовые документы проектной документации [9].

На рисунке 3 показано взаимодействие БД проекта с несколькими САПР и с пользователем через единое информационное пространство проекта.

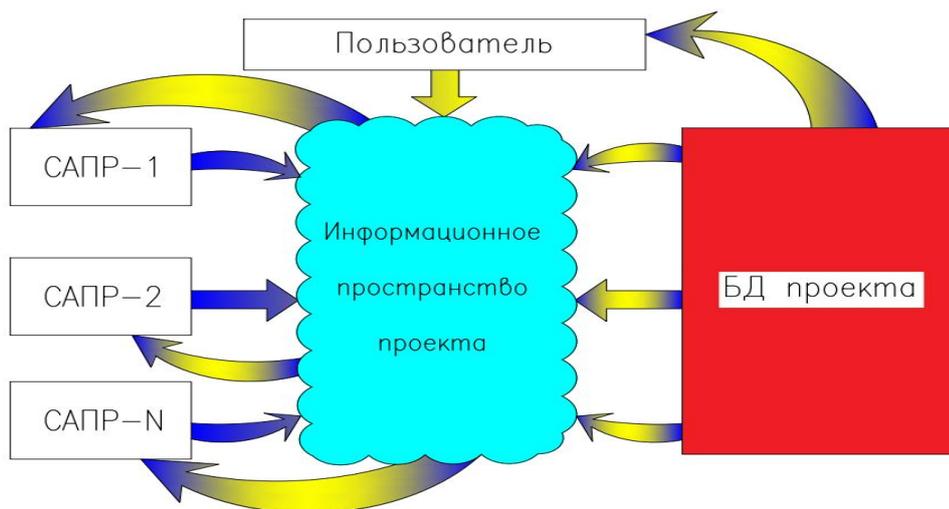


Рис. 3 – Передача информации к/от базы данных проекта

Организация информационного пространства, которое объединяет между собой отдельные элементы цифровой среды, позволяет им осуществлять между собой эффективные взаимодействия. Эти взаимодействия заключаются в передаче информации из одного ПО в другое и адаптацию его к внешним воздействиям [10].

Конечным результатом предлагаемой модели ИСП является электронный архив документации, в который направляется вся проектная документация, разработанная различными марками проекта. В любой момент времени к этому архиву имеет доступ Заказчик проекта, который отслеживает прогресс выполнения и может проверить уровень готовности документации [11].

Практическая значимость предлагаемых решений заключается в формировании эффективного, с точки зрения, стоимости, функциональности и удобства использования, информационного пространства проекта. Оно

включает комплекс специализированного ПО, базу данных проекта и механизм взаимодействия отдельных элементов этого пространства между собой. Работа внутри этого информационного пространства позволяет повысить производительность труда, снизить затраты времени на разработку документации и проведение расчетов, а также в режиме онлайн отследить прогресс выполнения проекта.

Разработанная структура базы данных проекта позволяет учесть все специфические особенности ее отдельных составляющих, выделить необходимые для конкретного проекта элементы и систематизировать заносимую в нее информацию.

Таким образом, проведенные исследования можно рекомендовать к реализации в крупных проектных компаниях нашей страны, в том числе, и при разработке крупных зарубежных проектов, специфику которых учитывает структура разработанного информационного пространства.

### **Литература**

1. Вересников Г.С. Параметрический синтез проектных решений при предварительном проектировании технических объектов в условиях неопределенности. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. М., 2020. – 48 с.

2. Макиша Е.В. Верификация информационных моделей строительных объектов на основе языка моделирования правил. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. М., 2019. – 24 с.

3. Тутуева А.В. Математическое и программное обеспечение моделирующих подсистем САПР на основе полуживых методов численного интегрирования. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Санкт-Петербург, 2021 – 24 с.

4. Талапов, В. В. Основы BIM. Введение в информационное моделирование зданий. Саратов: Профобразование, 2017. – 392 с.

5. Толстов, Е. В. Информационные технологии в REVIT. Базовый уровень. Казань: Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 2015. – 91 с.

6. Бессонова, Н. В. Архитектурное параметрическое моделирование в среде Autodesk Revit Architecture 2014. Новосибирск: Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), 2016. – 117 с.

7. Бубенева А.А. Проблемы управления проектами / Журнал «Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева». С. 131 – 134.

8. Постников А.М., Шведенко П.В. Теоретические аспекты построения информационной модели системы управления предприятием. / Журнал «Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования», №2(7), 2015. С. 223 – 227.

9. Li. J., Yang. H. A Research on Development of Construction Industrialization Based on BIM Technology under the Background of Industry 4.0 // MATEC Web Conf., Volume 100, 2017. P. 2-8.

10. Pan Y., Zhang L., A BIM-data mining integrated digital twin framework for advanced project management // Automation in Construction, Volume 124, April 2021, P. 52-69.

11. 4D BIM Planning Process used at RNEST Refinery, Brazil - URL: [bimcommunity.com/experiences/load/165](http://bimcommunity.com/experiences/load/165).

### References

1. Veresnikov G.S. Parametricheskij sintez proektny`x reshenij pri predvaritel`nom proektirovanii texnicheskix ob`ektov v usloviyax neopredelennosti [Parametric synthesis of design solutions in the preliminary

---

design of technical objects under conditions of uncertainty]. Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni doktora texnicheskix nauk. M., 2020. 48 p.

2. Makisha E.V. Verifikaciya informacionny`x modelej stroitel`ny`x ob`ektov na osnove yazy`ka modelirovaniya pravil [Verification of information models of construction objects based on the rules modeling language]. Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata texnicheskix nauk. M., 2019. 24 p.

3. Tutueva A.V. Matematicheskoe i programmnoe obespechenie modeliruyushhix podsystem SAPR na osnove poluyavny`x metodov chislennogo integrirvaniya [Mathematical and software of CAD modeling subsystems based on semi-implicit numerical integration methods]. Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata texnicheskix nauk. Sankt-Peterburg, 2021. 24 p.

4. Talapov, V. V. Osnovy BIM. Vvedenie v informacionnoe modelirovanie zdaniy [Basics of BIM. Introduction to Building Information Modeling]. Saratov: Profobrazovanie, 2017. 392 p.

5. Tolstov, E. V. Informacionnye tekhnologii v REVIT. Bazovyj uroven' [Information Technology in REVIT. Basic level]. Kazan`, Kazanskij gosudarstvenny`j arhitekturno-stroitel`ny`j universitet, 2015. 91 p.

6. Bessonova, N. V. Arhitekturnoe parametriceskoe modelirovanie v srede Autodesk Revit Architecture 2014. [Architectural parametric modeling in Autodesk Revit Architecture 2014]. Novosibirsk: Novosibirskij gosudarstvenny`j arhitekturno-stroitel`ny`j universitet (Sibstrin), 2016. 117 p.

7. Bubeneva A.A. Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo aè`rokosmicheskogo universiteta imeni akademika M. F. Reshetneva». pp. 131 – 134.



8. Postnikov A.M., Shvedenko P.V. Zhurnal «Innovacionnaya e`konomika: perspektivy` razvitiya i sovershenstvovaniya», №2 (7), 2015. pp. 223 - 227.
9. Li. J., Yang. H. MATEC Web Conf., Volume 100, 2017. pp. 2-8.
10. Pan Y., Zhang L., Automation in Construction, Volume 124, April 2021, pp. 52-69.
11. 4D BIM Planning Process used at RNEST Refinery, Brazil.  
URL: [bimcommunity.com/experiences/load/165](http://bimcommunity.com/experiences/load/165).